

長日条件下のウズラにおける 放卵リズムの光周期同調要因

小林 真・伊藤 良輔*・岡本 悟・松尾 昭雄
(畜産学研究室)

昭和62年9月10日受理

The Photoperiodic Synchronizer of Oviposition Rhythm under Long Day Light and Dark Cycles in Japanese Quail

Shin KOBAYASHI, Ryousuke ITOH*, Satoru OKAMOTO and Teruo MATSUO
(Laboratory of Animal Science)

Received September 10, 1987

Summary

This experiment was designed to determine whether light-on or light-off signal was more effective photo-periodic synchronizer to oviposition rhythm in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) under long day photo cycles. The provided photoperiods were 14 L : 10 D (14 L), 18 L : 6 D (18 L) and 24 L : 0 D (Continuous lighting, 24 L). Light-on time under 14 L and 18 L were same (5:00, clock time), but the light-off time under 18 L was later by 4 hours than that under 14 L. Total hens used were 165, 93 and 86 for the photoperiods of 14 L, 18 L and 24 L, respectively. Oviposition hour was daily recorded for 2 weeks for all groups. Hourly distribution of oviposition frequency and average time interval between successive ovipositions were calculated from the oviposition times recorded for each individual. The average oviposition hr after lighting and the degree of entrainment to photoperiod were calculated for hens under 14 L and 18 L. Furthermore, the hens revealed shorter oviposition interval (Entrained type) and longer one (Non-entrained) in these two groups were selected to compare their average oviposition hr after receiving light signals (light-on or light-off).

Under 14 L and 18 L, oviposition were mostly observed in the later half of light period, and the peak of oviposition was recorded 10—11 and 13—14 hr after light-on under 14 L and 18 L respectively. From later half period of dark to earlier half of light, the numbers of ovipositions were very few under 14 L, while 17.8 % of ovipositions were recorded in this period of time under 18 L. No remarkable oviposition was recognized under 24 L; the percentages of ovipositions recorded in hourly intervals were 3.6—5.5 throughout a day. This result suggested that oviposition rhythm under 24 L was not an entrained one but a free running. Compared to the hens under 14 L, the hens under 18 L started to oviposit 2.6 hr later on average after lighting, showed lower synchronization to photoperiod, and had longer intervals between ovipositions by 1.2 hr. The ratios of hens entrained and non-entrained were obviously different under 14 L and 18 L; 45 % and 8 % under 14 L and 14 % and 48 % under 18 L. However, hens of each type under the two

* 現在農林水産省, 岡崎種畜牧場

photoperiods showed no significant difference in the oviposition time on average after light-on and peak oviposition was observed 11–12 hr after light-on for entrained type and 13–14 hr for non-entrained. This result might indicate that time difference in light-off under 14 L and 18 L did not affect on the oviposition time, but the difference in average oviposition time was due to a different rate of hens showing entrained and non-entrained.

Based on these results, we concluded that the synchronizer of oviposition rhythm under long day photoperiod would be the light-on signal, although light-off worked probably as a second signal. The role of light-off on oviposition rhythm was remained to be further investigated.

緒 言

ウズラ (*Coturnix coturnix japonica*) の放卵リズムは WILSON and HUANG¹⁸⁾によって最初にとりあげられ、放卵時間はニワトリより 6–7 時間遅れて明期の後半に集中することが報告された^{5, 12, 15)}。その後、ARRINGTON *et al.*¹¹⁾はウズラの放卵リズムについて、自律性を持つが環境要因に同調しやすい概日リズム (Circadian rhythm) であることを示し、種々の環境要因のうち光周期に最もよく同調することを明らかにしている。光周期を同調要因とする場合、点灯信号 (明開始) と消灯信号 (暗開始) の何れが機能的に作用しているかが問題となる。この点について、ニワトリでは消灯信号がより重要であると考えている研究者が多い^{2, 9, 17, 19)}。ウズラの放卵リズムはニワトリと異なる点も多く、同調機構はニワトリと違う可能性が強いと考えられるが¹⁴⁾、光周期と放卵リズムの関係を追究して、この点を明らかにした報告は見あたらない。

ウズラの産卵は、一日のうち明期の時間が暗期より長い長日条件下で活発となり^{13, 20, 21)}、長日条件下でも明・暗の時間構成が異なると放卵リズムは変化する⁸⁾。また、PLANCK and JOHNSON¹¹⁾は、14時間明：10時間暗光周期 (14L：10D) 下のウズラの放卵リズムを個体別に調査し、各個体の放卵時間の推移から、光周期への同調性が強く毎日ほぼ一定時間に放卵しつづける個体 (光周期同調型, Entrained type) と、同調性が弱く放卵時間が毎日遅れ、放卵が一定時間帯に起こらない個体 (光周期不同調型, Non-entrained type) が存在すると述べ、著者ら⁷⁾もさきに個体の平均放卵間隔を基準にすれば、このような型を区別できることを明らかにした。そこで、本研究では、異なる長日光周期下のウズラを放卵リズム型に分類して、放卵時間と光信号の時間的關係を調査し、光周期同調要因としての点灯・消灯両信号の機能的役割を追究した。

材料及び方法

本実験に供試したウズラは合計344羽で供試時の週齢は14–20週齢であったが、これらのウズラは民間業者から初生雛を購入し、当研究室において育成したものである。4週齢までは恒明条件下におき、その後は14L：10D (午前5時点灯、午後7時消灯) 光周期下で飼育した。14L：10Dから他の光周期に移す場合は、変更後4週間を経て実験を開始した。また、低産卵率のウズラは放卵リズムの分析が不正確になるので実験開始2週間前から個体別に産卵を調査し、2週間に11個以上産卵した個体 (産卵率78.6%以上) だけを選び出して実験に供した。外光を完全に遮断したタイマー付き30W蛍光灯を一個ずつ取り付けた3個所の暗室 (各8.1m²) を準備して、その中で供試ウズラを飼育した。照度はケージ前面で50–100LUXであった。室温は

20—25°Cに調節し、暗室用換気扇で常時換気した。放卵時刻の記録にはデジタル式電気時計を利用した放卵時刻記録装置⁷⁾を用い、各部屋に1台ずつ設置した。本装置は、1台で36羽の放卵時刻を分単位

で記録できる。1回につき14日間の連続放卵時刻を記録し、光周期ごとに異なるウズラを用いて2—3回反復した。記録された放卵時刻は光周期ごとに取りまとめて放卵リズムを分析した。

本実験の概要は表1に示す通りである。光周期によって14L:10D(14L区)、18L:6D(18L区)及び24L:0D(24L区)の3区に分けた。各区の羽数の合計はそれぞれ165、93及び86であった。18L区の点灯時刻は14L区と同じ午前5時であったが、消灯時刻だけを4時間遅らせた。24L区は点灯・消灯のない光周期で、飼育作業時間、温度、音などの環境要因が放卵リズムに影響したかどうかをチェックするために設けた。個体別に集計した放卵時刻から、区ごとに放卵時間の頻度分布を求め、最も頻度の高い連続8時間の合計(Modal 8-h, segment³⁾)により光周期に対する放卵リズムの同調性を調査し、この8時間内の頻度分布から各区の平均放卵時間を算出した。また、連続して放卵した場合には、放卵間隔を計算して個体ごとに平均値を求めた。14L区と18L区に関しては、平均放卵間隔24.3時間未満の個体を同調型、25.5時間以上の個体を不同調型とし、同調型と不同調型の羽数と割合を調査した。なお、放卵間隔が24.3時間以上、25.5時間未満の個体は放卵リズムが安定していないと判断して、分析の対象から除外した。それぞれの型に属する個体については放卵が集中する時間帯を調べ、この時間帯と点灯時刻との時間差から長日条件下における放卵リズムの同調要因を推論した。

結果及び考察

14L、18L及び24L区で観察された放卵回数はそれぞれ2,132回、1,154回及び1,003回であって、それらの放卵時間の分布状況を図1に示した。14L区の1時間当たり放卵回数は点灯7時間後から増加し、点灯10—12時間後が最頻値を示したが、その後漸減し、消灯3—4時間後では1%以下となった。暗期後半から明期前半(消灯5時間後—点灯7時間後)の時間帯でも放卵は観察されたが、その回数の合計は全体の3.5%、1時間当たり0.3%に過ぎなかった。点灯7—22時間後の放卵分布は、ピークがやや左側に偏った形を示した。このような放卵時間の分布型は著者ら⁷⁾の以前の報告とほぼ一致している。次に、18L区の放卵時間の分布を見ると、放卵回数は点灯

Table 1. Photoperiod and number of hens

Groups	Photoperiod (hr)		Lighting (clock time)		Number of hens
			on	off	
14 L	14 L	: 10 D	5:00	19:00	165
18 L	18 L	: 6 D	5:00	23:00	93
24 L	24 L	: 0 D	Continuous		86

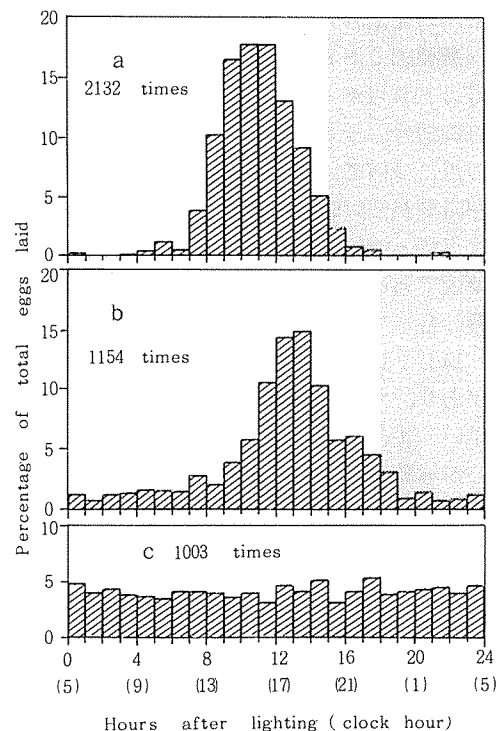


Fig. 1 Distribution of oviposition time by hourly class.

a; 14L:10D, b; 18L:6D, c; 24L:0D

9時間後から増加し、点灯13—14時間後に最頻値を示したが、その後減少し、消灯1時間後から1時間当たりの頻度は3%以下に減少した。暗期後半(消灯3時間—6時間後)、明期前半(点灯時—点灯9時間後)の放卵頻度の合計は17.9%、1時間当たり1.5%となり、14L区の場合よりはるかに高かった。また、14L区と18L区の放卵時間の分布を比較してみるといくつかの違いが観察される。まず、放卵時間の集中性については、14L区の点灯9—12時間後の頻度は1時間当たり16%以上であって、この3時間で全体の約半数を占め、暗期後半と明期前半の放卵はきわめて少なかった。これに対して、18L区では、最頻値の頻度は15%であったが、暗期後半と明期前半では14L区の5倍以上であった。これらの結果から、18L区の放卵は14L区ほど短時間に集中して起こらないが、14L区にはほとんどみられない早朝・深夜の放卵がかなり観察され、放卵時間が分散する傾向にある。放卵が集中する時間帯を両区で比較してみると、放卵が増加し始める時間、最頻値の時間及び頻度が3%以下になる時間はいずれも18L区が14L区より2時間遅く、集中的放卵の開始と終了はともに遅れる傾向にあった。一方、24L区における頻度はどの時間帯も1時間当たり3.6—5.5%の範囲内にあり、放卵が特定の時間帯に集中することなく均等に観察されたから、光周期以外の環境要因には放卵リズムを24時間の日周期に同調させる効果は殆どなく、本実験で観察された放卵リズムに対する同調性の差は光周期の違いによるものと考えられる。

表2には各区の点灯後の平均放卵時間、光周期に対する放卵リズムの同調性及び平均放卵間隔をそれぞれ示した。18L区の放卵時間は14L区より遅れる傾向にあり、その差は2.6時間であった。18L区は14L区より消灯時刻だけ4時間遅く、点灯時刻は同じであるから、点灯信号だけがウズラの放卵リズムの同調要因であるなら、点灯信号を一定時刻に設定しさえすれば異なる明暗比率の光周期においても放卵時刻に違いを生じないはずである。また、消灯信号だけが同調要因であるなら消灯時刻の違いが放卵時刻の違いとなって現われるはずであるから、光信号のどちらか一方を一定にし、他方だけを変えた光周期下の放卵時間を比較すれば、点灯・消灯両信号のうち、どちらが放卵時間に重要な役割を果たしているかが判定できると考えられる。この点について、NAITO *et al.*¹⁰⁾は、点灯時刻を一定にし、消灯時刻だけを変えたニワトリの放卵時刻が消灯時刻の時間差の約2分の1だけ移動することから、ニワトリの放卵時間に対しては点灯・消灯両信号がほぼ同じように作用すると結論している。これは、消灯信号が主な同調要因であるとする従来の考え方とは異なる見解であるが、点灯信号と消灯信号がどのように影響し合って放卵時間を決定するのか、その機構については言及していない。また、上野¹⁶⁾は、14L:10D光周期下のニワトリにおいて、放卵リズムの異なる群間では平均放卵時間に違いがあり、平均連産個数が1—5個の個体より20個以上の個体の方が平均放卵時間は1時間以上早いと報告しているから、光周期を変えて放卵時間への影響を調査する場合には、光条件の違いが放卵リズムにどのような変化をもたらしたかについて個体別に分析する必要があると考えられる。

表2で示したように、14L区では1日の3分の1の時間帯(点灯7—15時間後)に92.7%の放卵が認められたが、18L区では放卵の集中性が低く、点灯10—18時間後の8時間に62.4%が観察されたにすぎず、光周期同調要因の効果は14L区より明

Table 2. Mean oviposition hours after lighting, degree of entraining to photoperiod and mean interval hours between successive ovipositions

Group	Mean oviposition hours after lighting	Degree of entraining (%)	Mean oviposition interval (hr)
14 L	10.6	92.7 ¹⁾	24.3
18 L	13.2	62.4	25.5
24 L	—	—	26.5

1) Total percentage within modal 8-hr segment in 24 hr daily cycle.

らかに低下した。BHATTI and MORRIS⁴⁾は、ニワトリにおける放卵リズムの同調性と明暗の時間構成との関係を追究し、1日の長さが24時間で明期が14—18時間の場合、Modal 8-h. segmentの値はいずれも85%以上で違いは認められなかったが、明期が20時間を越えると、暗期が短くなるにつれて同調性は低下したと報告した。一方、KONISHI⁹⁾は12L:12D, 16L:8D, 20L:4D及び22L:2Dの4光周期下におけるウズラの放卵リズムについて、明期が長くなるにつれて同調性が低下したと報告している。これらの実験結果は、放卵リズムの光周期同調機能が周期内の明暗比と関係しており、一定時間以上の暗期が存在しなければ同調しないことを示し、また、従来の報告^{8, 20)}と本実験の結果から判断すれば、ウズラは光周期に対してニワトリより鋭敏に反応すると考えられる。さらに、Ahemeral cycle 下で、一日の長さが24時間以下の場合には同調性が低下することが、ニワトリ⁹⁾及びウズラ⁶⁾を用いて報告されているから、日周期の長さも同調性に対する重要な要因である。

14L区の平均放卵間隔は24.3時間であり、日周期の長さとはほぼ同じであったが、18L区では日周期より1.5時間長い25.5時間であったため、14L区で連続放卵した場合はほとんど同じ時刻に集中して放卵がみられたのに対して、18L区では絶えず1時間以上遅い時間帯に移動しながら放卵が継続された(図1, b)。24L区では放卵間隔が更に長く、26.5時間であった。この時間は従来の報告^{1, 8)}とほぼ一致しており、ウズラにおける放卵の自由継続リズムを示すものと考えられる。

図2には個体別に調査した平均放卵間隔の頻度分布を示している。14L区では放卵間隔が23.5時間から24.5時間に集中し、全個体の80%以上がこの範囲内にあった。放卵間隔が23.5時間以下の個体は認められなかったが、26時間以上の個体は少数ながら存在し、最も長い個体は27.1時間であった。この区の頻度分布型は、ピーク(24.0—24.5時間)より左側で頻度は急激に減少するが、右側では長く尾を引く形をなしており、著者ら⁷⁾の以前の報告とほぼ一致していた。18L区では、24.0—24.5時間と、これより2時間長い26.0—26.5時間の2個所にピークを持つ型を示した。このことから、18L区では放卵間隔がほぼ一定の少数個体と、放卵間隔が24時間より約2時間長く、日数の経過と共に放卵時間が絶えず遅れる多数の個体によって構成されていることがわかる。24L区では、前述の両区と頻度分布の型が全く異なり、単一のピーク(26.5—27.0時間)を持ち、その左右のひろがりには14L区や18L区のような偏りを示さなかった。この区において、平均放卵間隔が最も短い個体は24.6時間、長い個体は28.0時間で、その差は3.4時間であった。ウズラにおける放卵の自由継続リズムの周期にこのような大きな個体差がみられることはKONISHI⁹⁾も認めている。

このような結果から、前に述べた図1のa, b, c間にみられる放卵時間の違いは、主と

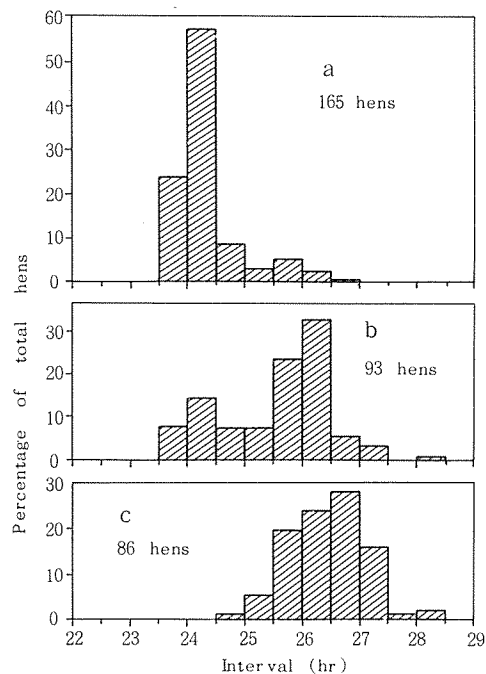


Fig. 2 Distribution of mean oviposition interval of individual by 0.5 hourly class.
a; 14L:10D, b; 18L:6D, c; 24L:0D

して、各区内に平均放卵間隔の異なる個体がどのような割合で存在するかの違いによるものと考えられる。著者らは先に、個体の平均放卵間隔を基準に放卵型を分類し、放卵型により放卵時間が異なることを明らかにした⁷⁾。そこで、本研究においても、14L区と18L区の放卵型を個体別に判定し、両光周期下における放卵型の割合と放卵時間の違いを調査した。14L区では、平均放卵間隔24.3時間未満で同調型と判定された個体は165羽中74羽で、供試羽数の45%であった。一方、平均放卵間隔が25.5時間以上の不同調型は13羽(8%)であった。18L区では、14L区とは逆に不同調型が多く、約半数(93羽中45羽)を占め、同調型は14羽(15%)であった。このように、14L区では同調型が、18L区では不同調型が各区の放卵リズムに強く影響したことは明らかである。

図3には14L区の同調型(a)と不同調型(b)の放卵時間の頻度分布を示した。同調型の個体による放卵は点灯7—15時間後の8時間に限られ、その他の時間帯には1回も観察されなかった。特に、点灯9—11時間後の頻度が高く、この3時間の合計は60%以上であった。最頻値は点灯11—12時間後にみられたが、これは区全体の最頻値の時間(点灯10—12時間後)と一致している。不同調型個体による放卵は一日中観察され、同調型にはみられない点灯時から点灯7時間後までの時間帯と点灯15—24時間後の時間帯における放卵頻度の合計は25%であった。点灯7時間後から頻度は増加して、点灯13—14時間後が最も高かったが、この時間は同調型の場合より2時間遅かった。14L:10D光周期下において、放卵型が異なると放卵のピーク時間も異なること、及び、不同調型の放卵のピークは同調型より遅れることについては、著者ら⁷⁾が既に報告したとおりである。不同調型の放卵頻度分布の形は同調型の場合とは明らかに異なり、頻度は放卵のピーク時より2時間遅い時間帯で急に低くなり、全体として著しく左右不均等の形となった。

図4には18L区の同調型(a)と不同調型(b)の放卵時間の頻度分布を示した。同調型個

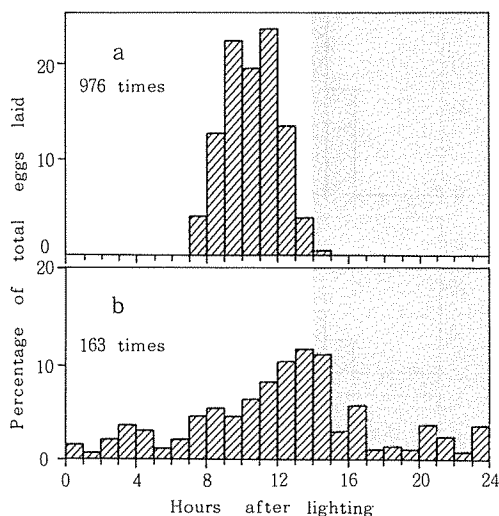


Fig. 3 Distribution of oviposition times laid by hens of two groups which are different of oviposition rhythm under 14L:10D. a; 74 hens, revealed entrained oviposition rhythm. b; 13 hens, revealed non-entrained one.

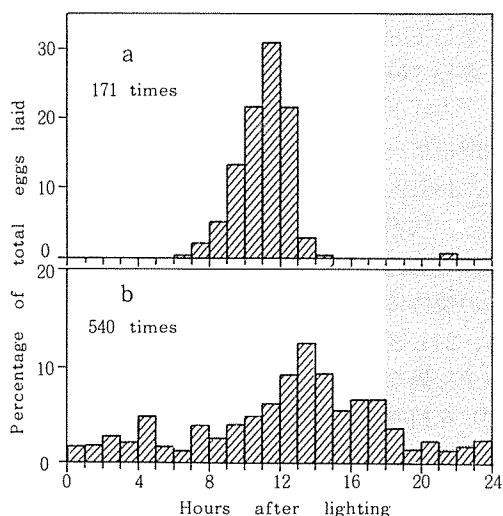


Fig. 4 Distribution of oviposition times laid by hens of two groups which are different of oviposition rhythm under 18L:6D. a; 13 hens, revealed entrained oviposition rhythm. b; 45 hens, revealed non-entrained one.

体の放卵は点灯 6—15 時間後の 9 時間に限られ、その他の時間帯には 1 回も放卵がみられなかった。特に、点灯 9—11 時間後が多く、この 3 時間の合計は 75% 以上であった。放卵のピークは点灯 11—12 時間後で、区全体のピークの時間（図 2, b）より 2 時間早かったが、14 L 区と同調型のピークと一致していた。不同調型の場合は、14 L 区と同様に、放卵が一日中絶え間なく起こり、同調型にはみられない点灯時から点灯 7 時間後までと点灯 15—24 時間後の頻度の合計は 46.3% で、半数近くがこれらの時間に放卵された。しかし、点灯 11 時間後から頻度は増加して 13—14 時間後でピークに達したが、その頻度は 12.4% で、14 L 区の不同調型個体だけの場合とほぼ同じで、放卵が集中する時間帯を比較してみると、1 時間当たり 8 % 以上の頻度がみられたのは何れも点灯 12—15 時間後であった。この結果から、4 時間の消灯時刻の差は、不同調型個体に対しても放卵時間を基本的に変更させることはなく、放卵時間の設定は点灯刺激を信号として行われていることを示唆している。しかし、放卵頻度の分布型を比較すると、両区の間では明らかな違いが認められた。すなわち、放卵ピークの時間から 1 時間以後（点灯 15 時間後）の頻度を両区で比較してみると、14 L 区では急激に減少しているから、その分布型は斜辺を左方に向けた直角三角形に似た形となった。一方、18 L 区では左右の分布が均等な型となり、14 L 区でみられた急激な減少は認められなかった。このことは、消灯刺激が消灯 1 時間以後の放卵に対して阻止作用を持つことを示すものと考えられる。しかし、この効果は放卵が集中する時間帯に近い、または時間的に重なる場合にしか現われず、自由継続リズムを示すときに現われないことは、18 L 区の不同調型個体において消灯後の頻度が 14 L 区ほど明瞭に減少しなかったことから推察される。

以上の結果から、消灯時刻の異なる 2 光周期区間における放卵時間の違いは、まず、両区には放卵リズム型の異なる個体の構成割合の違いがあり、放卵リズム型によって放卵時間も違うことが主な原因と考えられた。しかし、同調型または不同調型個体自体の放卵時間は 14 L 区と 18 L 区で明瞭な違いがみられないから、長日条件下ではこれらの個体の放卵は点灯信号の一定時間後に起こるものと考えられ、点灯信号を主な同調因子としていることは明らかである。一方、消灯信号も副次的に放卵時間に関与していることを示唆する結果が得られたが、この点についてはさらに追究する必要がある。

要 約

長日条件下においてウズラの放卵リズムが点灯と消灯の両信号のうち、どちらが同調因子として機能しているかを判定する目的で本研究を行った。用いた光周期は 14 L : 10 D（14 L 区）、18 L : 6 D（18 L 区）及び 24 L : 0 D（終日点灯、24 L 区）の 4 区であった。14 L 区と 18 L 区の点灯は同時刻（午前 5 時）であったが、18 L 区の消灯時刻は 14 L 区よりも 4 時間遅らせた。14 L 区、18 L 区及び 24 L 区の合計羽数はそれぞれ 165、93 及び 86 羽であった。2 週間にわたり、全ての区について放卵時刻を毎日調査した。各区とも、記録した放卵時刻から 24 時間別の放卵頻度分布及び平均放卵間隔（時間）を求め、また、14 L 区と 18 L 区については点灯後の平均放卵時間及び光周期に対する同調性を算出した。さらに、これらの両区では、放卵間隔が短い個体群（光周期同調型）と長い個体群（光周期不同調型）を選び出し、光信号（点灯または消灯時刻）からの時間差を互いに比較した。

14 L 区と 18 L 区は、明期後半に放卵が多く、14 L 区では点灯 10—12 時間後、18 L 区では点灯 13—14 時間後が放卵頻度のピークとなった。14 L 区では暗期後半と明期前半の放卵は非常に少なかったが、18 L 区では全放卵の 17.8% がこの時間帯に観察された。24 L 区ではどの時刻の頻

度も3.6—5.5%であって放卵が集中する傾向はなかった。この結果から、24L区の放卵リズムは環境要因に対して同調していない自由継続リズムを示すと判断された。18L区の平均放卵時間は14L区より2.6時間遅く、光周期に対する同調性は低く、また、平均放卵間隔は1.2時間長かった。14L区と18L区でみられた同調型と不同調型個体の割合を調べると、14L区ではそれぞれ45%と8%, 18L区では14%と48%であり、個体別の放卵リズム型が占める割合は両区で明らかに異なっていた。両放卵型の平均放卵時間には大差がなく、また両区とも同調型は点灯11—12時間後、不同調型は点灯13—14時間後に放卵頻度のピークが観察された。14L区と18L区の消灯時間は4時間異なっていたが、この違いは両区の2種類の放卵型個体の放卵時間には影響を与えなかったと考えられ、両区の平均放卵時間の差は各区に属する同調型と不同調型の羽数の違いによるものと思われた。以上の結果から、長日条件下のウズラの放卵リズムは点灯信号によって光周期に同調していると結論された。しかし、消灯信号も副次的な機能を持つ可能性が示唆されたのでこの点についてはさらに検討が必要である。

引用文献

1. Arrington, L. C., H. Abplanalp and W. O. Wilson (1962). Experimental modification of the laying pattern in Japanese quail. *Br. Poult. Sci.* 3, 105—111.
2. Bastian, J. W. and M. X. Zarrow (1955). A new hypothesis for the asynchronous ovulatory cycle of the domestic hen (*Gallus Domesticus*). *Poultry Sci.* 34, 776—788.
3. Bhatti, B. M. and T. R. Morris (1977). The relative importance of light and temperature as phase setting signals for oviposition in the fowl. *Br. Poult. Sci.* 18, 391—395.
4. ——— (1978). Entrainment of oviposition in the fowl using light-dark cycles. *ibid.* 19, 333—340.
5. Fraps, R. M. (1959). Egg production and fertility in poultry, *Progress in the physiology of farm animals*, vol. 2. Butterworth. London. p. 661—740.
6. 小林真・岡本悟・松尾昭雄 (1981). 24時間以外の日周期下におけるウズラの産卵と放卵リズム. 日畜会報. 52, 39—46.
7. ——— (1981). 放卵間隔の長さによって分類したウズラの放卵リズム型とその特徴. 同上. 52, 850—855.
8. Konishi, T. (1980). Circadian rhythms of ovipositional time in Japanese quail, *Biological rhythms in birds* (Tanabe, Y., K. Tanaka and T. Ookawa, eds.). Japan Scientific Societies Press. Tokyo. p. 79—90.
9. Morris, T. R. (1973). The effect of ahemeral light and dark cycle on egg production in the fowl. *Poultry Sci.* 52, 423—445.
10. Naito, M., T. Ueno, T. Komiyama and Y. Miyazono (1980). Oviposition times under various light-dark cycles in the domestic fowl. *Japan. Poultry Sci.* 17, 146—150.
11. Plank, R. J. and H. J. Johnson (1975). Oviposition patterns and photoresponsivity in Japanese quail. *J. interdiscipl. cycle Res.* 6, 131—140.
12. Romanoff, A. L. and A. J. Romanoff (1949). Mode of laying, *The Avian egg*. John Wiley & Sons. Inc., New York. p. 5—59.
13. 桜井斉 (1980). 日本ウズラの産卵に及ぼす産卵期の照明時間及び照度の影響. 家禽会誌. 17, 279—285.
14. Tanabe, Y. (1977). Differences in the endocrine mechanism of ovulation of the domestic fowl and the Japanese quail. *Proc. First Internatl. Symp. Avian Endocrinology*, p. 68—70. Calcutta, Jan.
15. 田中克英 (1978). 産卵の生理, 畜産学大辞典. 第2版. 内藤元男編. 養賢堂. 東京. p. 337—340.
16. 上野満弘・多田昌夫・川崎晃 (1977). 点灯時刻の差異が産卵率と産卵時刻に及ぼす影響. 家禽会誌. 14, 205—207.
17. Warren, D. C. and H. M. Scott (1935). The time factor in egg formation. *Poultry Sci.* 14, 195—207.

18. Wilson, W. O. and R. H. Huang (1962). A comparison of the time of oviposition for coturnix and chicken. *ibid.* 41, 1843—1845.
19. Wilson, W. O. (1964). Photocontrol of oviposition in Gallineaceous birds. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 117, 192—202.
20. Wilson, W. O., H. Abplanalp and L. C. Arrington (1965). Maintenance of egg production in Coturnix following reduction in photoperiod. *Poultry Sci.* 44, 1299—1302.
21. Woodard, A. E. and H. Abplanalp (1971). Longevity and reproduction in Japanese quail maintained under stimulatory lighting. *ibid.* 50, 688—692.